

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт ЭНИН

Направление подготовки АБ 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Электрооборудование, релейная защита и автоматика КЭС мощностью 2400 МВт УДК_ 621.316.925.4.001.24:621.311.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
35A11	Исаева Анна Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Копьев В. Н.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л.А	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	д.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы; готовность применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области для решения коммуникативных задач.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства коллективом исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами; уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты профессиональной деятельности.
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
P7	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники.
P8	Способность применять стандартные методы расчета и средства автоматизации проектирования; принимать участие в выборе и проектировании элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники в соответствии с техническими заданиями.
P9	Способность применять современные методы разработки энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах.
P10	Готовностью обеспечивать соблюдение производственной и трудовой дисциплины на электроэнергетическом и электротехническом производствах; осваивать новые технологические процессы производства продукции; обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции.
P11	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P12	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники.

Код результата	Результат обучения
P13	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.
P14	Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
P16	Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.
<i>Специальные профессиональные компетенции</i> <i>Профиль «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»</i>	
P7	Способностью моделировать режимы работы релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистем с использованием профессиональных программ; проводить экспериментальные исследования функционирования элементной базы системной автоматики.
P8	Способностью определить параметры срабатывания релейной защиты энергообъекта; оценивать защитную способность проектируемой релейной защиты.
P9	Способностью оценивать влияние аварийных ситуаций в энергосистемах на безопасность жизнедеятельности людей; последствия от прекращения электроснабжения на функционирование предприятий и возможного ущерба.
P10	Способностью обеспечить соблюдение заданных параметров при производстве устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики; проводить работы по сертификации устройств автоматики энергосистем.
P11	Способностью планировать работу персонала и фондов оплаты труда при разработке релейной защиты и автоматики объектов электроэнергетических систем.
P12	Способностью использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров. Готовностью к участию в исследовательских работах по автоматизации энергообъектов; к участию во внедрении результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов; использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров.
P13	Готовностью к участию в исследовательских работах и внедрению результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов.
P14	Готовностью к участию в работе по монтажу и наладке устройств автоматики; способностью к участию в монтаже устройств релейной защиты и автоматики энергообъектов. Способностью к участию в натурных испытаниях и сдаче в эксплуатацию смонтированного оборудования релейной защиты и автоматики.
P15	Способностью к обслуживанию устройств релейной защиты и автоматики; способностью к оценке состояния и условий эксплуатации релейной защиты и автоматики энергообъекта. Готовностью к участию в работах по модернизации устройств релейной защиты и автоматики энергообъекта.
P16	Способностью к проведению анализа результатов работы и составлению отчетной документации.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт ЭНИН  
Направление подготовки АБ 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ЭЭС  
\_\_\_\_\_ А.О. Сулайманов

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы	
---------------------	--

Студенту:

Группа	ФИО
35А11	Исаевой Анне Дмитриевной

Тема работы:

Электрооборудование, релейная защита и автоматика КЭС мощностью 2400 МВт	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 576/С от 01.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.16
--	----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<p>Объектом проектирования является КЭС мощностью 2400 МВт</p> <p>В качестве исходных данных представлены:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Количество генераторов на станции, их параметры;</li> <li>2. Параметры энергосистемы;</li> <li>3. Электрическая схема объекта.</li> </ol>
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов		
Перечень графического материала		Структурная схема станции (приложение А)  Схема подключения защит блока «Генератор – Трансформатор» (приложение Б)  Диаграмма Ганта (приложение В)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы		
Раздел	Консультант	
Социальная ответственность	Бородин Юрий Васильевич	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Коршунова Лидия Афанасьева	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику		

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Копьёв В.Н.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
35A11	Исаевой Анне Дмитриевной		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
35A11	Исаевой Анне Дмитриевной

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	140400 «Электроэнергетика и Электротехника»

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- отчисления в социальные фонды.

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- формирование вариантов решения с учётом научного и технического уровня
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- планирование выполнения проекта; - расчёт бюджета на проектирование; - расчёт капитальных вложений в основные средства.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- определение научно-технической эффективности

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта	
--------------------	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

## Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л.А	к.т.н., доцент		

## Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
35A11	Исаева А. Д.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
35A11	Исаевой Анне Дмитриевне

<b>Институт</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>140400 «Электроэнергетика и Электротехника»</b>
Уровень образования	Бакалавр		

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>На электростанции возможно возникновение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (освещение, шумы, электромагнитные поля);</li> <li>– опасных проявлений факторов (механической природы (движущиеся части), термического характера и пожарной и взрывной природы (котел, система отопления), электрической природы (генератор, шины);</li> <li>– негативного влияния на атмосферу (выбросы) и гидросферу (техническая вода); чрезвычайных ситуаций (техногенного (потребители без электроэнергии) и стихийного (обрывы проводов из-за сильного ветра, землетрясения)</li> </ul>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ПУЭ 85, ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.003–83, ГОСТ 12.1.005–88, ГОСТ 12.1.006–84, ССБТ, ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ, ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ, ГОСТ 17.4.3.04-85, НПБ 105-03, ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00, РД 2.2.2006-05, РД 34.03.604, РД 52.04.186, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.4.723-98</p>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность.</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Освещение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– снижение внимательности, ухудшение зрения;</li> </ul> <p>Шум:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– снижение внимательности, сосредоточенности, ухудшение слуха;</li> </ul> <p>Электромагнитные поля:</p> <p>негативное воздействие на организм в целом.</p>
<p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (движущиеся части механизмов, станки);</li> <li>– термические опасности (система отопления, паропровод, котлы);</li> <li>– электробезопасность (электрооборудование, генераторы, трансформаторы, тоководные части);</li> </ul> <p>пожаровзрывобезопасность (возгорание горючих веществ, взрывы складов, котлов).</p>

<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<b>Охрана окружающей среды:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>
<b>3. Защита в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<b>Защита в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– наиболее типичная ЧС – поражение работника электрическим током.</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС – защитное заземление;</li> </ul>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<b>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</b>
<b>Перечень графического материала:</b>	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>15.01.2016 г</b>
---	---------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
35A11	Исаева А. Д.		



**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт ЭНИН  
Направление подготовки (специальность) электроэнергетика  
Уровень образования бакалавр  
Кафедра ЭЭС  
Период выполнения \_\_\_\_\_ (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.03.2016 г.	Обзор литературы	3
3.04.2016 г.	Описание энергосистемы и электростанции	2
14.04.2016 г.	Выбор и обоснование устанавливаемых защит	8
24.05.2016 г.	Расчет релейной защиты генератора	7
01.05.2016 г.	Расчет релейной защиты трансформатора	5
12.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
26.05.2016 г.	Социальная ответственность	5
09.06.2016 г.	Оформление работы	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Копьёв В.Н.	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	д.т.н., доцент		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа, состоящая из 89 страниц, 19 рисунков, 21 таблицы, 43 источников, 3 приложений.

Ключевые слова: электроэнергетика, КЭС, электрическая часть, турбогенераторы, трансформатор, выключатели, шины, релейная защита и автоматика, блок «генератор-трансформатор».

Цель работы - спроектировать электрическую часть электростанции, рассчитать режимы работы и выбрать устройства релейной защиты и автоматики блока «генератор-трансформатор».

В процессе работы использовались расчетные программные комплексы: «Mustang», современные программные продукты Word, MathCAD, Excel, аналитические и графоаналитические расчетные методы.

В процессе исследования была спроектирована электрическая часть КЭС мощностью 2400 Вт.

## Содержание

Введение.....	12
1. Характеристика КЭС, ее роль и место в энергосистеме.....	16
2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	18

## Введение

Главная особенность электроэнергетических систем (ЭЭС) – жесткая взаимосвязь разнородных элементов и комплексов:

- электрическое оборудование: генераторы, двигатели, трансформаторы, реакторы, компенсаторы, многообразные нагрузки;
- линии электропередач;
- электромеханическое оборудование: паровые и газовые турбины, сочлененные с турбогенераторами, гидротурбины, сочлененные с гидрогенераторами;
- физико-химические энергетические преобразователи: котельные агрегаты, атомные реакторы, камеры сгорания газовых турбин; системы топливо приготовления на угольных электростанциях, транспортные системы и цеха, водохранилище и т.д.

Все элементы системы функционируют в условиях взаимозависимости параметров процессов в одних элементах от параметров процессов в других.

Во время проектирования и эксплуатации такой системы необходимо учитывать возможность возникновения в ней повреждений и ненормальных режимов работы. Короткие замыкания (КЗ) являются самыми распространенными и опасными видами повреждений.

Повреждения и ненормальные режимы работы являются одной из основных причин возникновения аварий в энергосистеме, которые представляют собой вынужденные нарушения нормальной работы энергосистемы или её части, сопровождающиеся определённым

недоотпуском энергии потребителям, недопустимым снижением её качества или выходом из строя основного оборудования.

Первопричины возникновения аварий различны, но в большинстве своём они являются результатом не обнаруженных и не устранённых дефектов оборудования, некачественного проектирования, монтажа и эксплуатации. Экономика нашей страны, в которой огромное значение имеет энергетика, требует бесперебойного электроснабжения потребителей. Поэтому следует стремиться к безаварийной работе. Для предотвращения возникновения и развития аварий, снижения ущерба необходимо быстро отключать поврежденные элемент.

По условиям обеспечения бесперебойной работы неповреждённой части системы и уменьшения размеров повреждения оборудования время отключения КЗ должно быть минимально возможным, часто это десятые или сотые доли секунды. Кроме того, из-за взаимосвязанности всех элементов энергосистемы, последствия коротких замыканий отражаются на работе значительной части системы, а не только поврежденного участка.

Дежурный персонал не в состоянии определить возникновение КЗ, найти его местоположение и дать сигнал на отключение выключателей поврежденного элемента в столь короткий промежуток. Поэтому данные действия выполняются автоматически, при помощи релейной защиты, осуществляющей защиту от повреждений и некоторых ненормальных режимов работы.

Устройства релейной защиты и системной автоматики в совокупности представляют собой сложную многоступенчатую систему, предназначенную для сохранения устойчивой работы синхронных генераторов и бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии. В настоящее время эксплуатируются устройства защиты элементов электроэнергетических систем, выполненные на электромеханической, микроэлектронной (линейные и логические интегральные микросхемы) и микропроцессорной элементной базе. Выполнить свою задачу эти устройства

могут лишь в том случае, если они отвечают комплексу требований, изложенных в нормативных материалах. Соответствие реальных устройств релейной защиты и автоматики (УРЗиА) этим требованиям обеспечивается, в основном, на стадии проектирования, которое при правильной его организации обязательно должно быть комплексным. Устойчивая бесперебойная работа ЭЭС возможна лишь при условии эффективного функционирования всех частей, входящих в комплекс УРЗиА.

При рассмотрении процессов в электрической части ЭЭС, на которые реагирует релейная защита и автоматика (РЗА), считается достаточным учитывать элементы электрической схемы (электрической сети) и участвующие в электромеханическом преобразовании энергии турбины.

Таким образом, работа электроустановок не может проходить нормально без средств РЗА, которые быстро обнаруживают место повреждения, возмущения, их последствия, локализуют их и подавляют распространение путем отключения, поврежденного или предельно-перегруженного элемента от электрической сети, форсируют системы управления нагруженных элементов.

Для выполнения поставленной задачи, необходимо выбрать район сети, включающий автоматизируемые объекты. Этот выбор нужно осуществить так, чтобы была возможность достаточно полноценно спроектировать РЗА автоматизируемых объектов.

Для решения поставленных задач использованы расчетно-аналитические и графические методы, методы логики, математической статистики и др. Реализация названных методов и алгоритмов осуществляется через пакеты прикладных программ, «Мустанг», «Mathcad» и др., имеющихся в математическом обеспечении кафедры электроэнергетических систем

Целью данного дипломного проекта является - проектирование электрической части и релейной защиты основного оборудования КЭС 2400 МВт.

## **1. Характеристика КЭС, ее роль и место в энергосистеме**

На тепловых электростанциях химическая энергия сжигаемого топлива преобразуется в котле в энергию водяного пара, приводящего во вращение турбоагрегат (паровую турбину, соединенную с генератором). Механическая энергия вращения преобразуется генератором в электрическую. Топливом для электростанций служат уголь, торф, горючие сланцы, а также газ и мазут.

В данном курсовом проекте рассматривается электрическая часть конденсационной электростанции (КЭС) мощностью 2400 МВт. На КЭС устанавливаются восемь турбогенераторов мощностью 300 МВт. Номинальное напряжение ОРУ ВН 500 кВ, ОРУ СН 330 кВ. Передача электроэнергии осуществляется по двум линиям напряжением 500кВ.

Конденсационные электростанции сооружают обычно вблизи мест добычи топлива, транспортировка которого на значительные расстояния экономически нецелесообразна. Вырабатываемая электроэнергия передается к местам потребления по линиям электропередачи. Однако использование местного топлива не является обязательным признаком конденсационной станции. Основными особенностями КЭС являются: удаленность от потребителей электроэнергии, что определяет в основном выдачу мощности на высоких и сверхвысоких напряжениях, и блочный принцип построения электростанции. Актуальность проектирования КЭС заключается в том, что их мощность обычно такова, что может обеспечить электроэнергией крупный район страны, где в большинстве случаев присутствует дефицит электроэнергии.

Данная схема электростанции содержит восемь турбогенераторов G1-8 первого типа мощностью 300МВт.

Так же описываемая схема также содержит два распределительных устройства (РУ) высокого и среднего напряжений:



Распределительное устройство высокого напряжения 500 кВ (РУ ВН)

Распределительное устройство среднего напряжения 330 кВ (РУ СН)

Связи между РУ осуществляется с помощью двух автотрансформаторов трансформаторов.

Упрощенная схема КЭС приведена на рисунке 1.

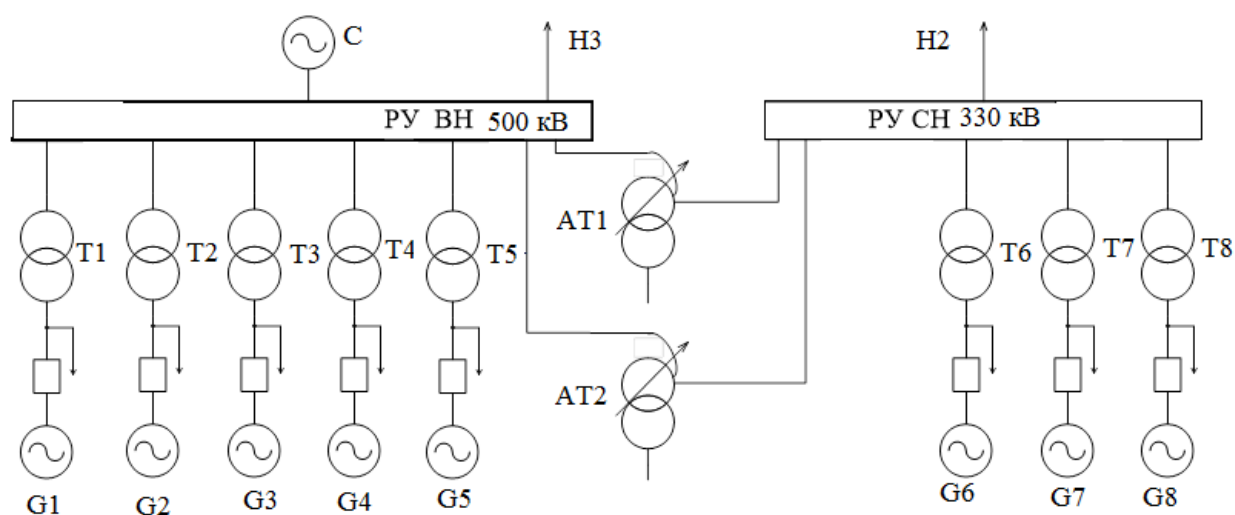


Рисунок 1 – Структурная схема электростанции.

## **2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Учет особенностей развития экономики на современном этапе позволяет ориентироваться в создании отдельных видов техники, в формировании технического базиса производства, в развитии производственных сил в целом. Но при осуществлении некоторых конкретных задач, связанных с практической реализацией достижений науки и техники, учета общих требований недостаточно. Для этого необходимо экономическое обоснование принимаемых технических решений.

В данном проекте рассматривается вариант комплекса РЗиА для защиты блока «Генератор – Трансформатор» КЭС 2400 МВт.

Таким образом, цель данной работы – расчет капитальных вложений в проектирование, монтаж и наладку оборудования комплекса РЗиА.

Создание и реализация проекта включают следующие этапы:

1. Формирование инвестиционного замысла;
2. Исследование инвестиционных возможностей, технико-экономическое обоснование проекта;
3. Подготовку контрактной документации; строительно-монтажные работы, ввод в эксплуатацию объекта.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ, а так же рассчитать необходимые капиталовложения на проектирование, монтаж и наладку комплекса РЗиА для защиты блока «Генератор – Трансформатор» КЭС 2400 МВт.

Себестоимость разработки включает в себя следующие статьи:

- стоимость материалов, затраченных на разработку;
- заработная плата персонала, занятого в разработке проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды;

- амортизация;
- прочие расходы;
- накладные расходы.

Предстоящая работа может быть разбита на следующие этапы:

- подготовительная;
- выбор устройств релейной защиты и автоматики основных элементов;
- расчет устройств релейной защиты;
- завершающий этап.

К подготовительному этапу относится работа по подбору литературы, изучение технического задания и его утверждение, согласование календарного плана.

Завершающий этап включает в себя оформление пояснительной записки, разработку и вычерчивание чертежей.

### **Планирование проектных работ**

Работы по проектированию выполняют два человека: руководитель проекта и исполнитель (инженер). Распределение работ заполняем в таблицу 15.

### **Определение трудоемкости выполнения работ**

Основную часть стоимости разработки обычно составляют трудовые затраты. Следовательно, определение трудоемкости работ всех участников проекта очень важно.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож\bar{i}}$  используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5},$$

где:  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;  $t_{\text{мин}i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;  $t_{\text{макс}i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

где:  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;  $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Полученные данные заносим в соответствующий столбец таблицы 15.

В качестве примера приведем расчет для пункта 5 таблицы 15:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \approx 2 \text{ чел. – дн.}$$

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{2}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Таблица 15 – Длительность этапов проектирования и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	Длит-ть работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длит-ть работ в календ-х днях $T_{ki}$
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта, инженер	1	2
Ознакомление с технической документацией и литературой	2	Ознакомление с технической документацией	Инженер	1	2
	3	Подбор литературы	Инженер	1	2
	4	Календарное планирование работ	Руководитель проекта, инженер	1	2
Выбор устройств РЗА	5	Описание электрической схемы и параметров основного оборудования станции	Инженер	2	3
	6	Выбор устройств РЗА	Руководитель проекта	1	2
	7	Описание принятых устройств РЗА	Инженер	1	2
Расчет уставок защит	8	Выбор расчетных режимов	Руководитель проекта, инженер	1	2
	9	Составление схемы замещения энергорайона	Инженер	3	5
	10	Расчет токов КЗ	Инженер	3	5
	11	Расчет релейной защиты генератора и трансформатора	Инженер	3	5
Анализ устройств автоматики	12	Анализ устройств автоматики	Руководитель проекта, Инженер	4	6

Продолжение Таблица 15

Разработка мероприятий по охране труда, окружающей среды и состоянии структуры ГО	13	Разработка мероприятий по охране труда, окружающей среды и состоянии структуры ГО	Инженер	3	5
Технико-экономическое обоснование проекта	14	Технико-экономическое обоснование проекта	Инженер	3	5
Разработка технической документации	15	Составление пояснительной записки	Инженер	2	3
	16	Составление принципиальных электрических схем	Инженер	2	3
	17	Оформление чертежей	Руководитель проекта, Инженер	3	5

### Разработка графика проведения научного исследования

После распределения работ по исполнителей построим диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,48 = 2,96 \approx 3$$

где:  $T_{ki}$  — продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  
 $T_{pi}$  — продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{\text{кал}}$  — коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48,$$

где  $T_{\text{кал}}$  — количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  — количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  — количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Полученные данные по длительностям работ заносим в соответствующий столбец таблицы 15.

В качестве примера приведем расчет для пункта 5 таблицы 15:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,48 = 2,96 \approx 3$$

На основании таблицы 15 строится календарный план-график. График приведен на рисунке 19.





## Расчёт научно-технической эффективности

Для проектирования необходимо узнать требования потенциальных потребителей. Затем вычисляем единичный параметрический показатель

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p,$$

где  $q$  – параметрический показатель;

$P$  – величина параметра реального;

$P_{100}$  – величина параметра гипотетического (идеального) объекта, удовлетворяющего потребность на 100%;

$p$  – вероятность достижения величины параметра; вводится для получения более точного результата с учетом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта, принимаем  $p=0,9$

Каждому параметрическому показателю по отношению к объекту соответствует некий вес  $d$ , разный для каждого показателя. После вычисления всех единичных показателей становится реальным вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие объекта потребности в нем (полезный эффект или качество объекта):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i,$$

где  $Q$  – групповой технический показатель (по техническим параметрам);

$q_i$  – единичный параметрический показатель по  $i$ -му параметру;

$d_i$  – вес  $i$ -го параметра;

$n$  – число параметров, подлежащих рассмотрению.

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,864$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,162$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ты}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{к}}} = \frac{0,864}{0,162} = 5,33$$

где  $K_{\text{ты}}$  – показатель конкурентоспособности нового объекта по отношению к конкурирующему по техническим параметрам (показатель технического уровня);  $Q_{\text{н}}$ ,  $Q_{\text{к}}$  – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Таблица 16 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	Новшество ЭКРА		Устаревшие эл.механич.УРЗА		Идеальное УРЗА	
		$P_i$	$q_i$	$P_i$	$q_i$	$P_{100}$	$q_{100}$
1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), $Q$		$Q_{\text{н}}$		$Q_{\text{к}}$		$Q_{100}=1$	
1.1 Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую, (%)	0,3	90	0,9	60	0,54	100	0,9
1.2 Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи, (%)	0,2	80	0,72	0	0	100	0,9
1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9
1.4 Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%)	0,1	100	0,9	0	0	100	0,9

Таблица 17 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество: ЭКРА	Конкурент: Устаревшие эл.механич.УРЗА
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую.	Широкий спектр выбора изменяемых уставок с возможностью оперативного изменения характеристик.	Узкий спектр выбора изменяемых уставок без возможности оперативного изменения характеристик.
Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи	Обеспечивается передача информации по каналам связи, прокладываемым при установке оборудования. Не требуются доп. каналы связи.	Передача информации невозможна.
Возможность ведения отчёта о срабатывании защит.	Есть возможность	Нет возможности
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования	Есть возможность	Нет возможности
Возможность подключения в сеть ЭВМ.	Есть возможность	Нет возможности

Превосходство «ЭКРА» обеспечивается за счет того, что продукция данного производителя широко распространена на отечественном рынке и пользуется заслуженной популярностью. Этого удалось достичь, в первую очередь, за счет надежности и качества. Преимуществ у микропроцессорных защит много: это меньшие габаритные размеры, постоянная самодиагностика, совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий, возможность интеграции в АСУ ТП, оперативное внесение изменений в программы защит, в том числе и для исправления проектных ошибок и прочее. Если учесть все эти составляющие, то можно смело утверждать, что цена функций в таких изделиях сопоставима с электромеханическими защитами (а чаще – ниже) и это выбивает главный аргумент сторонников электромеханики.

Таблица 18 - Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение $i$ -го фактора
	$d_i$	$K_{дyi}$	$K_{дyi} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов (критерий оценки: обобщен имеющийся опыт)	0,1	0,3	0,03
2. Перспективность использования результатов (критерий оценки: использование для предварительного рабочего проектирования в расчётных группах РЗА ОДУ, РДУ)	0,4	0,1	0,04
3. Завершенность полученных результатов (критерий оценки: написан отчет по теме)	0,3	0,1	0,03
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов	0,2	0,1	0,02
Результативность	$K_{\text{ну}} = \sum(K_{дyi} \cdot d_i) = 0,14$		

### Бюджет проекта

1) Материальные затраты включают: стоимость всех материалов, оплату труда, затраты на амортизацию, отчисления в социальные фонды и прочие непредвиденные расходы, используемые при разработке проекта

Таблица 19– Расходы на канцелярские товары

Наименование	Цена, руб.	Количество	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	2	100	200
2. Карандаш	10	1	10
3. Ластик	12	1	12
4. Ручка	20	2	40
5. Линейка	50	1	50
6. Калькулятор	500	1	500
7. Картридж	3000	1	3000
Итого			3812

## 2) Оплата труда.

Будем исходить из того, что оклад:

- руководителя проекта 23000 руб.;
- исполнителя – 16000 руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ТС}} \cdot k_{\text{Д}} \cdot k_{\text{Р}}$$

Где

$З_{\text{ТС}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{Д}} = 1,16$  – коэффициент дополнительной заработной платы руководителя;

$k_{\text{Д}} = 1,08$  – коэффициент дополнительной заработной платы инженера;

$k_{\text{Р}} = 1,3$  – районный коэффициент для Томска.

Тогда месячная зарплата:

- для руководителя –  $(23000+2200) \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 38000$  руб.;
- для исполнителя –  $(16000+2000) \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 25272$  руб.

Согласно построенному календарному плану-графику руководитель проекта занят 19 календарных дней, а исполнитель – 51 календарный день.

Тогда:

$$C_{\text{ЗП}} = \sum ЗП_{\text{ТЕХН}} + \sum ЗП_{\text{ИНЖ}} = \frac{19}{31} \cdot 38000 + \frac{51}{31} \cdot 25272 = 64866,8 \text{ руб}$$

3) Отчисления в социальные фонды –30%:

$$C_{\text{СФ}} = 0,3 \cdot 64866,8 = 19460 \text{ руб.}$$

4) Затраты на амортизацию

Затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье занесён в таблицу 20.

Таблица 20. Расчет бюджета затрат на приобретение основных средств

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед. об-вения	Цена ед. об-вения, руб.	Общая стоимость об-вения, руб.
1	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	1	3 500	3 500
2	Оргтехника, комплект	2	55000	110 000
3	Мебель, комплект	2	16000	32 000
Итого:				145 500

В связи с длительностью использования, стоимость основных средств учитывается с помощью амортизации:

$$A = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней использования}}}{\text{срок службы} \cdot 365}$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения

$$A_{\text{комп}} = \frac{(3500 + 110000) \cdot 51}{5 \cdot 365} = 6574 \text{ руб.}$$

Амортизация мебели

$$A_{\text{меб}} = \frac{32000 \cdot 51}{10 \cdot 365} = 447 \text{ руб.}$$

Итого:  $C_A = 7021$  руб.

5) Прочие непредвиденные расходы (Пр. 10% от  $\sum I_{II}$ )

$$\sum I_{II} = C_M + C_{3П} + C_{СФ} + C_A = 3812 + 64866,8 + 19460 + 7021 = 95160 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПР}} = 9516 \text{ руб.}$$

б) Накладные расходы (40 % от  $\sum I_{\text{П}}$ )

$$C_{\text{НР}} = 0,4 \cdot \sum I_{\text{П}} = 0,4 \cdot 95160 = 38064 \text{ руб.}$$

Итого себестоимость проекта

$$C_{\text{П}} = C_{\text{М}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{СФ}} + C_{\text{ПР}} + C_{\text{НР}} + C_{\text{А}} = 142740 \text{ руб.}$$

Принимаем, что предполагаемой прибыли данного предприятия, составляет 20%.

$$\text{ПР} = 0,2 \cdot C_{\text{П}} = 28548 \text{ руб.}$$

Тогда, договорная цена проекта составит:

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{П}} + \text{ПР} = 171288 \text{ руб.}$$

Определение бюджета затрат проекта приведено в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	3812
2. Затраты по заработной плате исполнителей темы	64866,8
3. Отчисления во внебюджетные фонды	19460
4. Амортизация	7021
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)х0,1)	9516
6. Накладные расходы	38064
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	142740
8. Прибыль (п. 7х0,2)	28548
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	171288

### **Смета затрат на покупку оборудования РЗиА.**

Материальные затраты на оборудование:

Для расчета использованы данные [19]. Данный портал является информационно-аналитической и торгово-операционной системой, предоставляющей информацию о рынке продукции, услуг и технологий для электроэнергетики. Согласно данным этого сайта, стоимость шкафа защит ШЭ1111 НПП «ЭКРА» на 2016 г. составляла  $M_{\text{з.м.}} = 4523334 \text{ руб.}$  (цена с НДС).

Для данного оборудования необходимо два комплекта защит.

Итого капитальные затраты на оборудование составляют:

$$K_{об} = 4523334 \cdot 2 = 9046668 \text{ руб.}$$

### **Суммарные капиталовложения на проектирование, монтаж и наладку аппаратуры РЗиА**

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{пр} + K_{об} + K_{монт}$$

Где:  $K_{монт} = 20\% \text{ от } K_{оборуд}$

$$K = 171288 + 9046668 + 9046668 \cdot 0,2 = 11027290 \text{ руб.}$$

В данном разделе произведен расчет суммарных капиталовложений на проектирование, монтаж и наладку аппаратуры РЗиА блока «Генератор – Трансформатор» КЭС 2400 МВт. Суммарные капиталовложения составляют 11 млн. руб.



